

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-126765

(43)Date of publication of application : 11.05.1999

(51)Int.Cl.

H01L 21/304

B24B 49/00

G06F 17/00

(21)Application number : 09-289350

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 22.10.1997

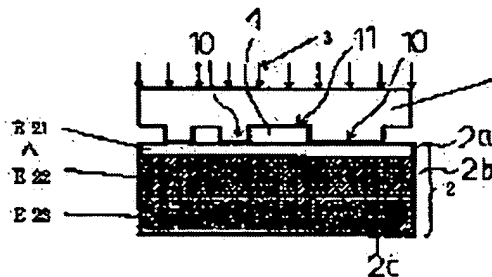
(72)Inventor : NISHIOKA TAKESHI
OTANI HIROSHI
MATSUNOU TADASHI
SEKINE KUNIO

(54) METHOD FOR SIMULATING POLISHING, RECORDING MEDIA FOR RECORDING THE SAME METHOD AND METHOD FOR POLISHING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable to accurately match the form of a part to be polished by polishing simulation with a form to be actually measured within a desired polishing range.

SOLUTION: A method for simulating polishing has a first step for dividing a material 1 to be polished or an abrasive cloth 2 into multiple parts according to elastic modulus, setting the elastic modulus of the divided parts including the contact part between the abrasive cloth 2 and the material 1 to be polished smaller than that of the parts adjacent to the divided parts including the contact part, and calculating the pressure at the contact part; and a second step for calculating a polishing amount at the contact part according to the pressure calculated in the first step, and setting the form of the material 1 to be polished. The form of the material 1 to be polished according to the method for simulating polishing is matched to the measured form with accuracy within a desired polishing range and the reliability can be improved.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.08.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 28.06.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-126765

(43)公開日 平成11年(1999) 5月11日

(51)Int.Cl.⁹

識別記号

F I

H 0 1 L 21/304

3 2 1

H 0 1 L 21/304

3 2 1 Z

B 2 4 B 49/00

B 2 4 B 49/00

G 0 6 F 17/00

G 0 6 F 15/20

D

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平9-289350

(22)出願日 平成9年(1997)10月22日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 西岡 岳

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 大谷 寛

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(72)発明者 松能 正

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(74)代理人 弁理士 外川 英明

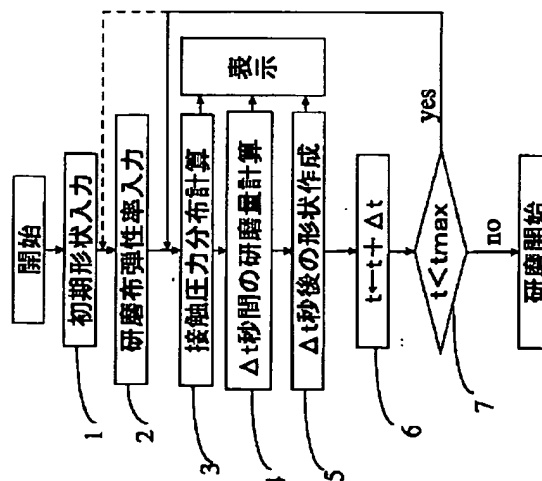
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 研磨シミュレーション方法および研磨シミュレーション方法を記録した記録媒体および研磨方法

(57)【要約】

【課題】従来は、研磨シミュレーションによる被研磨部の形状が、実測される形状と、所望の研磨範囲内で精度良く一致することができなかった。

【解決手段】研磨布2と、被研磨材1とが接触する接触部での圧力を、被研磨材1または研磨布2を弾性率によって複数の部分に分割し、接触部を含み分割された部分の弾性率が、接触部を含み分割された部分に隣接する部分の弾性率よりも小さくなるように設定し、算出する第1の工程と、第1の工程によって算出された圧力から、接触部での研磨量を算出し、被研磨材1の形状を設定する第2の工程とを有する研磨シミュレーション方法であって、研磨シミュレーション方法による被研磨材1の形状と、実測された形状とが、所望の研磨範囲内で精度良く一致し、信頼性を向上することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】研磨手段と、被研磨部とが接触する接触部での圧力を、前記被研磨部または前記研磨手段を弾性率によって複数の部分に分割し、前記接触部を含み分割された部分の弾性率が、前記接触部を含み分割された部分に隣接する部分の弾性率よりも小さくなるように設定し、算出する第1の工程と、前記第1の工程によって算出された圧力から、前記接触部での研磨量を算出し、前記被研磨部の形状を設定する第2の工程とを有することを特徴とする研磨シミュレーション方法。

【請求項2】前記研磨手段又は前記被研磨部を、弾性率によって分割し、前記接触部での圧力を算出した結果を、または算出された前記研磨量を、または前記算出された研磨量をもとに設定された被研磨部の形状を、表示する工程を有することを特徴とする請求項1記載の研磨シミュレーション方法。

【請求項3】研磨手段と、被研磨部とが接触する接触部での圧力を、前記被研磨部または前記研磨手段を弾性率によって複数の部分に分割し、前記接触部を含み分割された部分の弾性率が、前記接触部を含み分割された部分に隣接する部分の弾性率よりも小さくなるように設定し、算出する第1の工程と、前記第1の工程によって算出された圧力から、前記接触部での研磨量を算出し、前記被研磨部の形状を設定する第2の工程とを記録することを特徴とする記録媒体。

【請求項4】研磨手段と、被研磨部とが接触する接触部での圧力を、前記被研磨部または前記研磨手段を弾性率によって複数の部分に分割し、前記接触部を含み分割された部分の弾性率が、前記接触部を含み分割された部分に隣接する部分の弾性率よりも小さくなるように設定し、算出する第1の工程と、前記第1の工程によって算出された圧力から、前記接触部での研磨速度を算出する第2の工程と、少なくとも前記第2の工程によって算出された研磨速度を用いて、前記被研磨部を研磨する第3の工程とを有することを特徴とする研磨方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体デバイスの製造工程中の一工程である研磨工程（基板表面の平坦化工程）における研磨シミュレーション方法および研磨シミュレーション方法を記録した記録媒体および研磨方法に係り、特に、①層間絶縁膜の平坦化工程、②埋め込み金属配線の形成工程、③埋め込み素子分離膜の形成工程、④埋め込みキャパシタ形成工程、等において使用されるケミカル・メカニカル・ポリッシング（Chemical Mechanical Polishing：以下、CMPと称する）を用いた研磨シミュレーション方法および研磨シミュレーション方法を記録した記録媒体および研磨方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、LSIの高集積化、高性能化のため、様々な微細加工技術が研究、開発されている。CMP技術は、そのような厳しい微細化の要求を満たすために研究されている微細加工技術の一つであり、特に、①層間絶縁膜の平坦化、②金属プラグ形成、③埋め込み配線形成等の多層配線形成工程、更には、④埋め込み素子分離工程、等においては必須の技術である。

【0003】一方、層間絶縁膜のCMPによる加工後の平坦性は、研磨前の層間絶縁膜表面の凸部の寸法、配置、密度等の影響を大きく受ける。また、同様に、金属プラグ形成、埋め込み配線形成等の多層配線形成工程等におけるCMPによる加工後の平坦性は、混在する複数の被研磨材の各寸法、配置、密度等の影響を大きく受ける。

【0004】そのため、層間絶縁膜の凸部、または混在する被研磨材の寸法、配置、密度を、より平坦化に適したものにすることは、厳しい微細化の要求を満たすために、重要になってくる。

【0005】以下に、従来の研磨シミュレーション方法について、図8、9を参照して説明する。図8は、従来の研磨シミュレーション方法のフローチャートであり、図9は、従来の研磨シミュレーション方法における被研磨材と研磨布との接触圧力を計算するためのモデル図である。

【0006】従来の研磨シミュレーション方法は、研磨前の、被研磨材の凸部および混在する複数の被研磨材の寸法、配置、密度などから、研磨後の形状、すなわち被研磨材の平坦性を予測し（この段階では研磨は行っていない）、所定の諸条件（例えば被研磨材と研磨材との接触圧力等）を算出した後、被研磨材の研磨を行っている。

【0007】従来の研磨シミュレーション方法の一例の詳細について、図8を参照して説明する。

（1）被研磨材および研磨布の初期形状を、予め測定し、ハードディスク等の記録手段に初期値として入力し記録する。初期形状のデータとしては、研磨布の厚さ、研磨布の分割数、被研磨材の厚さ、被研磨材の分割数、研磨布および被研磨材のヤング率とポアソン比、研磨する最大時間 t_{max} （数分）等である。

【0008】（2）加工（研磨）時の研磨布と、被研磨材との接触部における接触圧力を、有限要素法によって、算出する。接触圧力の算出に当たっては、研磨布と被研磨材との間の相対速度を0と仮定する。

【0009】（3）算出された接触部における接触圧力値をもとに、微小時間（ Δt ）における、その接触部での研磨量を算出する。研磨量は、所定の接触圧力範囲内で、接触圧力により決定される。また、 Δt は、0から数秒程度である。

【0010】（4）算出された各接触部での研磨量から、微小時間（ Δt ）後の被研磨材の形状を算出する。

(5) 研磨時間 t を、 Δt 分だけ増加させる。

【0011】(6) Δt 分だけ増加された時間 t と、最大研磨時間 t_{\max} とを比較する。

$t < t_{\max}$ の場合(Yes)は、(2)に戻り、

(2)～(6)までの手順を繰り返す。また、 $t > t_{\max}$ の場合(No)は、終了する。

【0012】この様な従来の研磨シミュレーション方法では、CMP加工工程における研磨速度が、研磨布と被研磨材との接触圧力により決定されるという実験結果に基づいている。

【0013】次に、図9を参照して、凹凸のある層間絶縁膜を平坦化するCMP工程について説明する。層間絶縁膜である酸化シリコン膜1(被研磨材)のCMPでは、一般に、その加工の平坦性と均一性とを両立させる目的で、硬い研磨布2aの下に、軟らかい布2bを配置して研磨布2として、酸化シリコン膜1の研磨を行なう。

【0014】積層構造の研磨布2を、弾性率の異なる二つの弾性体としてモデル化し、有限要素法により、被研磨材である酸化シリコン膜1との接触圧力3を求める。しかしながら、接触圧力3を求める際に、硬い研磨布2aの弾性率 E_{21} 、および研磨布2aの下に配置された軟らかい布2bの弾性率 E_{22} は、別途使用された材料試験等の方法により測定された弾性率等を適用しているため、 $E_{21} > E_{22}$ の関係になっている。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図9に示すようなモデルを用いて得られた従来の研磨シミュレーション方法による被研磨材の形状と、実際に研磨することによって得られた被研磨材の形状とは、十分な一致ではないため、所望の平坦化が達成できないという問題点があった。

【0016】この様な問題点について、図10を参照して説明する。図10は、CMPにおける研磨部の様子を模式的に示した図である。下地膜13の上(図10においては上下逆)に、アルミ配線12が形成される。アルミ配線12の上には、下地膜13とアルミ配線12との凹凸に追従する凹凸を具備した酸化シリコン膜11が形成されている。

【0017】ウェハ14と下地膜13とアルミ配線12と酸化シリコン膜11とが積層されて被研磨材1を構成している。凹凸を持った酸化シリコン膜11を研磨することにより、酸化シリコン膜11を平坦化する研磨布2は、酸化シリコン膜11の凸部11bと、主に接触する。

【0018】研磨布2と被研磨材1との接触は、所定の圧力が、被研磨材1に付勢されることによりなされる。また、研磨布2と酸化シリコン膜11との隙間には、研磨液4が供給されている。

【0019】酸化シリコン膜11の研磨が行われると

もに、酸化シリコン膜11の凸部11bは研磨され、酸化シリコン膜11の形状は、変形していく。酸化シリコン膜11の形状変化に伴って、研磨布2と酸化シリコン膜11の凹部11aとの隙間(距離)は減少する。

【0020】しかしながら、酸化シリコン膜11の凹部11aが広い場合(隣接する凸部11b間の距離が他の間隔と比べて大きい場合)には、凹部11aに研磨布2が入り込み接触が生じる。

【0021】また、研磨の進行具合によっては、凸部11bと凹部11aとの段差(酸化シリコン膜11の膜厚方向の厚み)が減少すると、同様に、凹部11aに研磨布2が入り込み接触することになる。

【0022】この様な研磨布2と凹部11aとの接触が、酸化シリコン膜11の研磨形状に大きな影響を及ぼし、凸部11bの寸法、配置、密度が、研磨後の平坦性に影響する理由であり、微細加工の問題となっていた。

【0023】さらに、図11を参照して、研磨布2と被研磨材1との研磨状況の詳細について説明する。図11は、研磨布2と被研磨材1との接触部周辺の拡大図である。

【0024】研磨布2は、通常、数十ミクロンのあらし21(被研磨材1の膜厚方向の凹凸)を有している。このあらし21は、研磨液4、および研磨液4に含まれる砥粒41を、研磨布2と被研磨材1(酸化シリコン膜11)との間に、保持、供給するために必要である。

【0025】研磨布2のあらし21に対して、研磨前の酸化シリコン膜11の凹凸の段差は、1ミクロン程度であって、研磨布2の表面あらし21に比べて極めて小さい。そのため、研磨布2の表面あらし21が、研磨布2と酸化シリコン膜11との接触に大きな影響を及ぼしている。

【0026】更に、研磨布2と酸化シリコン膜11との間に供給される研磨液4も、研磨布2と酸化シリコン膜11との接触状態に大きな影響を及ぼしている。つまり、研磨液4には、砥粒41が含まれており、通常、その粒径は、数十ナノメートルから数百ナノメートル程度である。この砥粒41が、研磨布2と酸化シリコン膜11との間に挟まれることにより研磨作用が生じているが、砥粒41の粒径や濃度が、研磨布2と酸化シリコン膜11との接触状態に多大な影響を及ぼしている。

【0027】よって、前述した通り、図9に示すモデルを用いた従来の研磨シミュレーション方法による形状は、実際に行った研磨による形状に対して、十分な一致を期待することができない。それは、図9に示すモデルを用いた研磨シミュレーション方法では、研磨布2の表面あらし21や、研磨液4中の砥粒41の影響を考慮していないためである。

【0028】また、研磨布2の表面あらし21を計算モデルの形状として適用することや、砥粒41をモデル化し、被研磨材1と砥粒41と研磨布2の接触状態を計算

することは、パラメータが多いことによる複雑性から、膨大な計算時間がかかり、現実的ではない。

【0029】そこで、本発明は上記従来の問題点に鑑みてなされたもので、実際に研磨された研磨形状と、モデル化（シミュレーション）された研磨形状とが、所望の微細化を行う上で、十分に一致する研磨シミュレーション方法及び研磨シミュレーション方法を記録した記録媒体および研磨方法の提供を目的とする。

【0030】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明の研磨シミュレーション方法は、研磨手段と、被研磨部とが接触する接触部での圧力を、前記被研磨部または前記研磨手段を弾性率によって複数の部分に分割し、前記接触部を含み分割された部分の弾性率が、前記接触部を含み分割された部分に隣接する部分の弾性率よりも小さくなるように設定し、算出する第1の工程と、前記第1の工程によって算出された圧力から、前記接触部での研磨量を算出し、前記被研磨部の形状を設定する第2の工程とを有する。

【0031】上記の目的を達成するために、本発明の研磨シミュレーション方法を記録した記録媒体は、研磨手段と、被研磨部とが接触する接触部での圧力を、前記被研磨部または前記研磨手段を弾性率によって複数の部分に分割し、前記接触部を含み分割された部分の弾性率が、前記接触部を含み分割された部分に隣接する部分の弾性率よりも小さくなるように設定し、算出する第1の工程と、前記第1の工程によって算出された圧力から、前記接触部での研磨量を算出し、前記被研磨部の形状を設定する第2の工程とを記録する。

【0032】上記の目的を達成するために、本発明の研磨方法は、研磨手段と、被研磨部とが接触する接触部での圧力を、前記被研磨部または前記研磨手段を弾性率によって複数の部分に分割し、前記接触部を含み分割された部分の弾性率が、前記接触部を含み分割された部分に隣接する部分の弾性率よりも小さくなるように設定し、算出する第1の工程と、前記第1の工程によって算出された圧力から、前記接触部での研磨速度、を算出する第2の工程と、少なくとも前記第2の工程によって算出された研磨速度を用いて、前記被研磨部を研磨する第3の工程とを有する。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を図面を参照しながら説明する。図1は、本発明の研磨シミュレーション方法の第1実施例を説明するモデル図であり、図2は、本発明の研磨シミュレーション方法の第1実施例のフローチャートである。

【0034】研磨布2（研磨手段）と、被研磨材1（被研磨部）とは、対向して配置される。被研磨材1は、酸化シリコン膜であって、被研磨材1の厚さ方向には、ウェハ、下地膜、アルミ配線、酸化シリコン膜などが積層

される。酸化シリコン膜の弾性率は、研磨布2の弾性率に比べて非常に大きいので、弾性変形がない剛体として取り扱う。

【0035】また、研磨布2は、研磨布2の厚さ方向に、三層からなる弾性体である。研磨布2の被研磨材1の側の第一層には、弾性率E21なる研磨布2aが配置される。研磨布2aの下側には、第二層となる弾性率E22なる布2bが配置される。布2bの下側には、第三層となる弾性率E23なる布2cが配置される。

【0036】弾性率は、E22>E23の関係にあり、材料試験などにより、測定可能である。また、弾性率E21は、E22の1/25程度である。被研磨材1と、研磨布2との間には、研磨液4が介在してなる。研磨液4中には、砥粒（図示せず）が混入されている。

【0037】このような構成からなる第1実施例の動作（酸化シリコン膜のCMPに適用した場合）について説明する。まず、被研磨材1表面（酸化シリコン膜）には微小な凹凸があり、その凸部10と研磨布2aとを、被研磨材1に所定方向から加えられる平均荷重3（図中矢印）によって接触させる。凸部10と被研磨材1とが接触する部分を接触部とする。

【0038】次に、平均荷重3および所望の境界条件を与え、既存の有限要素法を用いることにより、被研磨材1と研磨布2との接触圧力を算出し求める。ここで、境界条件とは、被研磨材1または研磨布2の境界部の変位に関する拘束条件であって、具体的には、被研磨材1の厚さ方向に対しては、変位可能とし、厚さ方向に直交する方向に対しての変位は0と仮定することである。さらに、研磨布2の下面（布2cの図中下面）の、研磨布2に加えられる面圧分布による変形がないものとして等である。ここで、面圧分布は、平均荷重3と、接触部とが関係している。

【0039】そして更に、算出された接触圧力値をもとにして、被研磨部1（酸化シリコン膜）の形状を予測することができる。図2を参照して、研磨シミュレーション方法の各工程について、詳細に説明する。

【0040】（1）被研磨材1（酸化シリコン膜）および研磨布2の初期形状を、予め測定し、ハードディスク等の記録手段に初期値として入力し記録する。初期形状のデータとしては、被研磨材1（酸化シリコン膜）の形状（厚さ等）、研磨布2の厚さ、研磨布2を厚さ方向および厚さ方向に直交する方向によって複数の部分に分割した分割数、研磨する最大時間tmax（数分）等がある。研磨時間tは、0とする。

【0041】（2）研磨布2に応じた弾性率（ヤング率、ポアソン比等）を入力し、ハードディスク、ROM等の記録手段に記録する。入力する研磨布2の弾性率設定の詳細にあつては、弾性率によって複数の部分2a、2b、2cに分割され、被研磨材1との接触部を含む研磨布2aの部分の弾性率を、接触部に隣接する2b部分

の弾性率よりも小さくなるように設定する。

【0042】(3)加工(研磨)時の研磨布2と、被研磨材1(酸化シリコン膜)との接触部における接触圧力を、有限要素法によって、(1)、(2)で入力した値をもとに、算出する。接触圧力の算出に当たっては、研磨布2と被研磨材1との間の相対速度を0と仮定する。算出された接触圧力は、ディスプレイなどの表示部により、必要に応じて表示することができる。

【0043】(4)算出された接触部における接触圧力値をもとに、微小時間(Δt)における、その接触部での研磨速度を算出し、研磨速度から研磨量を算出する。研磨量は、所定の接触圧力範囲内で、接触圧力により決定される。また、 Δt は、所望の値に設定でき、例えば1秒程度である。算出された研磨速度、研磨量は、ディスプレイなどの表示部により、必要に応じて表示することができる。

【0044】(5)算出された各接触部での研磨量から、微小時間(Δt)後の被研磨材1の形状を算出する。算出された被研磨材1の形状は、ディスプレイなどの表示部により、必要に応じて表示することができる。

【0045】(6)研磨時間 t を、 Δt 分だけ増加させる。

(7) Δt 分だけ増加された新たな時間 t と、最大研磨時間 t_{\max} とを比較する。

【0046】 $t < t_{\max}$ の場合(Yes)は、(3)に戻り、(3)~(7)までの工程を繰り返す。また、 $t > t_{\max}$ の場合(No)は、研磨シミュレーションを終了する。

【0047】なお、(2)工程において、研磨布2aの弾性率を布2bの弾性率の $1/25$ (の比率)と設定したが、この比率は、研磨シミュレーションの対象となるCMPに使用する研磨布2または研磨液4の種類により異なってくる。これら研磨布2および研磨液4の種類を所望の種類に決定することにより、研磨布2の弾性率および厚みは、それぞれ所望の値に設定し直される。

【0048】また、被研磨材1の研磨が進行するとともに、例えば、研磨布2が研磨されることによって、この比率が変化する場合、または変化させる必要がある場合には、上記した工程(7)から工程(2)に戻り、工程(2)~工程(7)までの工程を繰り返す。

【0049】比率の設定を変えるには、予め、時間を関数とした比率のデータを、記録させておき、必要に応じて、読み出し設定を変更していく。上記工程(1)、(2)、(3)は、第1の工程であり、工程(4)、(5)は、第2の工程である。

【0050】以下に、図3、4を参照して、本実施例と、従来例とを比較した結果について説明する。図3は、本発明の研磨シミュレーション方法の第1実施例と、従来例とを比較したグラフであり、図4は、被研磨材1の凸部の拡大図である。なお、図4中の実線は、研

磨後の凸部であり、破線は、研磨前の凸部のそれぞれの形状を表している。

【0051】被研磨材1(酸化シリコン膜)の凸部10の幅(図中矢印1)は、約30ミクロンである。その凸部10に隣接する凹部11a、11bの幅は、約300ミクロン(図中矢印2)である。

【0052】この様な条件下で研磨された被研磨材1(酸化シリコン膜)の形状については、図3に示すように、本実施例の結果(図中□)は、従来例の結果(図中△)に比べて、実際に研磨された実験結果(図中○)と、精度良く一致している。例えば、研磨後の凸部10と凹部11a、11bとの段差の目標値が100[nm]であって、凸部10の研磨量が約700[nm]を超えると、従来の研磨シミュレーション方法では測定できないが、本発明の第1実施例では、凸部10の研磨量が約1000[nm]以下にあってほぼ一致している。

【0053】これは、従来の研磨方法では、CMPにおける被研磨材1(酸化シリコン膜)の研磨形状の変化に大きな影響を及ぼす、①研磨布2の表面粗さと、②研磨液4中の砥粒の研磨効果、とが考慮できないためである。

【0054】以上述べた様な第1実施例では、高集積化を目的とし、ウェハ上に配置される配線等が微細化、例えば凹凸部10、11の段差を100[nm]以下にするようになった場合、従来の研磨シミュレーション方法による結果では、実測値と一致することができず、所望のシミュレーション結果を得ることができなかったが、ほぼ誤差なく、シミュレーション結果と、実測値とを一致することができる。そのため、信頼性の高い研磨シミュレーション方法を得ることができる。

【0055】また、シミュレーション結果と、実測値とが、一致する精度が従来よりも高いため、従来のようにシミュレーション結果を、実測値と照らし合わせて、繰り返しシミュレーションする計算時間またはそれに伴う実測する時間を大幅に低減することができる。

【0056】また、コスト面でも従来の方に対して、あまり高価になることなく使え、経済的である。この様な第1実施例は、光ディスクや、磁気ディスク、ROMなどの記録媒体に記録されている。

【0057】次に、本発明の第2実施例の構成について、図5を参照して、説明する。尚、以下の各実施例において、第1実施例と同一構成要素は同一符号を付し、重複する説明は省略する。

【0058】第2実施例の特徴は、研磨布2の弾性変形をバネモデルとして(有限要素法ではなく)、研磨シミュレーション方法を行うことである。図5は、本発明の第2実施例を説明するモデル図である。

【0059】研磨布2の最表面の研磨布2aのバネ定数は、研磨布2aの下地となる布2bのバネ定数に比べ

て、低いバネ定数に設定する。この様な構成からなる第2実施例の動作について説明する。

【0060】(1)被研磨材1(酸化シリコン膜)および研磨布2の初期形状を、予め測定し、ハードディスク等の記録手段に初期値として入力し記録する。初期形状のデータとしては、被研磨材1(酸化シリコン膜)の形状、研磨布2を厚さ方向および厚さ方向に直交する方向に、バネ定数によって複数の部分に分割した分割数、研磨する最大時間 t_{max} (数分)等である。研磨時間 t は、0とする。

【0061】(2)研磨布2に応じたバネ定数を入力し、ハードディスク等の記録手段に記録する。入力する研磨布2のバネ定数設定の詳細にあつては、バネ定数によって複数の部分2a、2bに分割された、被研磨材1との接触部を含む研磨布2aの部分のバネ定数を、接触部に隣接する部分2bのバネ定数よりも小さくなるように設定する。

【0062】(3)加工(研磨)時の研磨布2と、被研磨材1(酸化シリコン膜)との接触部における接触圧力を、バネモデルによって、(1)、(2)で入力した値をもとに、算出する。接触圧力の算出に当たっては、研磨布と被研磨材との間の相対速度を0と仮定する。算出された接触圧力は、ディスプレイなどの表示部により、必要に応じて表示することが出来る。

【0063】(4)算出された接触部における接触圧力値をもとに、微小時間(Δt)における、その接触部での研磨量を算出する。研磨量は、所定の接触圧力範囲内で、接触圧力によって決定される。また、 Δt は、所望の値に設定でき、例えば1秒程度である。算出された接触速度、研磨量は、ディスプレイなどの表示部により、必要に応じて表示することが出来る。

【0064】(5)算出された各接触部での研磨量から、微小時間(Δt)後の被研磨部1の形状を算出する。算出された被研磨材1の形状は、ディスプレイなどの表示部により、必要に応じて表示することが出来る。

【0065】(6)研磨時間 t を、 Δt 分だけ増加させる。

(7) Δt 分だけ増加された時間 t と、最大研磨時間 t_{max} とを比較する。

$t < t_{max}$ の場合(Yes)は、(3)に戻り、(3)～(7)までの工程を繰り返す。また、 $t > t_{max}$ の場合(No)は、研磨シミュレーションを終了する。

【0066】上記工程(1)、(2)、(3)は、第1の工程であり、工程(4)、(5)は、第2の工程である。バネ定数の設定を変えるには、予め、時間を関数としたバネ定数のデータを、ハードディスクなどの記録部に記録させておき、必要に応じて、読み出し設定を変更していく。以上述べた様な第2実施例では、高集積化を目的とし、ウェハ上に配置される配線等が微細化、例え

ば凹凸部10、11の段差を100[nm]以下にするようになった場合、従来の研磨シミュレーション結果では、実測値と一致することができず、所望のシミュレーション結果を得ることができなかったが、ほぼ誤差なく、シミュレーション結果と、実測値とを一致することができる。そのため、信頼性の高い研磨シミュレーション方法である。

【0067】また、シミュレーション結果と、実測値とが、一致する精度が従来よりも高いため、シミュレーション結果を、実測値と照らし合わせて、繰り返しシミュレーションする時間または実測する時間を大幅に低減することができる。

【0068】また、コスト面でも従来の方法に対して、あまり高価にすることなく、経済的である。さらに、被研磨材1の形状変化においては、研磨布2aの表面粗さ、および、被研磨材1と、被研磨材1と研磨布2aとの間に介在する研磨液中の砥粒の効果を、シミュレーションに組み込むことができ、シミュレーションの精度を向上させ、信頼性をあげることができる。

【0069】この様な第2実施例は、光ディスクや、磁気ディスク、ROM等の記録媒体に記録されている。次に、本発明の第3実施例の構成について、図6を参照して説明する。第3実施例の特徴は、被研磨材1を弾性体としたことである。図6は、本発明の第3実施例を説明するモデル図である。被研磨材1は、弾性体であつて、2層からなる。被研磨材1の表面側には、弾性率 E_{11} の膜1aが形成される。弾性率 E_{12} なる弾性体1bは、膜1aに覆われている。それぞれの弾性率の関係は、 $E_{11} < E_{12}$ である。この様な構成からなる第3実施例の動作について、説明する。

【0070】(1)被研磨材1及び研磨布2の初期形状を、予め測定し、ハードディスク等の記録手段に初期値として入力し記録する。初期形状のデータとしては、被研磨材1および研磨布2の厚さ、被研磨材1および研磨布2を、厚さ方向および厚さ方向に直交する方向に、弾性率によって複数の部分に分割した分割数、研磨する最大時間 t_{max} (数分)等である。研磨時間 t は、0とする。

【0071】(2)研磨布2に応じた弾性率(ヤング率、ポアソン比)と、被研磨材1の弾性率(ヤング率、ポアソン比)とを入力し、ハードディスク等の記録手段に記録する。入力する研磨布2と被研磨材1との弾性率設定の詳細にあつては、それぞれの弾性率によって複数の部分1aおよび1b、2a、2bおよび2cに分割され、研磨布2と被研磨材1との接触部を含む被研磨材1aの部分と研磨布2の2a部分の弾性率を、それぞれ隣接する1b、2bの部分の弾性率よりも小さくなるように設定する。

【0072】(3)加工(研磨)時の研磨布2と、被研磨材1(酸化シリコン膜)との接触部における接触圧力

を、有限要素法によって、(1)、(2)で入力した値をもとに、算出する。接触圧力の算出に当たっては、研磨布と被研磨材との間の相対速度を0と仮定する。算出された接触圧力は、ディスプレイなどの表示部により、必要に応じて表示することができる。

【0073】(4)算出された接触部における接触圧力値をもとに、微小時間(Δt)における、その接触部での研磨速度を算出し、研磨速度から研磨量を算出する。研磨量は、所定の接触圧力範囲内で、接触圧力により決定される。また、 Δt は、所望の値に設定でき、例えば1秒程度である。算出された研磨量、研磨速度は、ディスプレイなどの表示部により、必要に応じて表示することができる。

【0074】(5)算出された各接触部での研磨量から、微小時間(Δt)後の被研磨材1の形状を算出する。算出された被研磨材1の形状は、ディスプレイなどの表示部により、必要に応じて表示することが出来る。

【0075】(6)研磨時間 t を、 Δt 分だけ増加させる。

(7) Δt 分だけ増加された時間 t と、最大研磨時間 t_{max} とを比較する。

$t < t_{max}$ の場合(Yes)は、(3)に戻り、

(3)～(7)までの工程を繰り返す。また、 $t > t_{max}$ の場合(No)は、研磨シミュレーションを終了する。

【0076】なお、(2)工程において、研磨布2aの弾性率を布2bの弾性率より小さく、また被研磨材1aの弾性率を1bの弾性率より小さくするように設定したが、この設定値(比率)は、研磨シミュレーションの対象となるCMPに使用する研磨布2aおよび研磨液4の種類により異なってくる。これら研磨布2aおよび研磨液4の種類を決定することにより、研磨布2aの弾性率および厚みは、所望の値に設定し直される。

【0077】また、被研磨材1の研磨が進行するとともに、例えば、研磨布2が研磨されることによって、この比率が変化する場合、または変化させる必要がある場合には、上記した工程(7)から工程(2)に戻り、工程(2)～工程(7)までの工程を繰り返す。

【0078】比率の設定を変えるには、予め、時間を関数とした比率のデータを、ハードディスク等の記録部に記録させておき、必要に応じて、読み出し比率の設定を変更していく。

【0079】上記工程(1)、(2)、(3)は、第1の工程であり、工程(4)、(5)は、第2の工程である。以上述べた様な第3実施例では、高集積化を目的とし、ウェハ上に配置される配線等が微細化、例えば凹凸部10、11の段差を100[nm]以下にするようになった場合、従来の研磨シミュレーション結果では、実測値と一致することができず、所望のシミュレーション結果を得ることができなかったが、ほぼ誤差なく、シミュレーション結果と、実測値とを一致することができ

る。そのため、信頼性の高い研磨シミュレーション方法である。

【0080】また、シミュレーション結果と、実測値とが、一致する精度が従来よりも高いため、シミュレーション結果を、実測値と照らし合わせて、繰り返しシミュレーションする時間または実測する時間を大幅に低減することができる。

【0081】また、コスト面でも従来の方法に対して、あまり高価にすることなく、経済的である。さらに、研磨布2に加えて、被研磨材1を弾性体と設定することにより、より実測値に近い、精度の高い研磨シミュレーション結果を得ることができ、研磨シミュレーション方法の信頼性を向上させることができる。

【0082】この様な第3実施例は、光ディスクや、磁気ディスク、ROM等の記録媒体に記録されている。次に、本発明の研磨方法について、図7を参照して説明する。

【0083】図7は、本発明の研磨方法のフローチャートである。研磨手段となる研磨布と、被研磨部である被研磨材とは、対向して配置される。被研磨材は、酸化シリコン膜であって、被研磨材の厚さ方向には、ウェハ、下地膜、アルミ配線、酸化シリコン膜などが積層されている。酸化シリコン膜の弾性率は、研磨布の弾性率に比べて非常に大きいため、弾性変形がない剛体として取り扱う。

【0084】また、研磨布は、研磨布の厚さ方向に、三層からなる弾性体である。研磨布の被研磨材の側の第一層には、弾性率 E_{21} なる研磨布が配置される。研磨布の下側には、第二層となる弾性率 E_{22} なる布が配置される。弾性率 E_{22} なる布の下側には、第三層となる弾性率 E_{23} なる布が配置される。

【0085】弾性率は、 $E_{22} > E_{23}$ の関係にあり、材料試験などにより、測定可能である。また、弾性率 E_{21} は、 E_{22} の $1/25$ 程度である。被研磨部と、研磨部との間には、研磨液が介在してなる。研磨液中には、砥粒が混入されている。

【0086】この様な構成からなる本発明の研磨方法の動作(酸化シリコン膜のCMPに適用した場合)について説明する。まず、被研磨材表面(酸化シリコン膜)には微小な凹凸があり、その凸部と研磨布とを、被研磨材に所定の方向から加えられる平均荷重によって接触させる。凸部と研磨材とが接触する部分を接触部とする。

【0087】(1)被研磨材(酸化シリコン膜)および研磨布の初期形状を、予め測定し、ハードディスク等の記録手段に初期値として入力し記録する。初期形状のデータとしては、被研磨材(酸化シリコン膜)の形状(厚さ等)、研磨布を厚さ方向および厚さ方向に対して直交する方向に、弾性率によって複数の部分に分割した分割数、研磨する最大時間 t_{max} (数分)等がある。研磨

時間 t は、0とする。

【0088】(2) 研磨布に応じた弾性率(ヤング率、ポアソン比)を入力し、ハードディスク等の記録手段に記録する。入力する研磨布の弾性率設定の詳細にあっては、弾性率によって複数の部分に分割され、被研磨材との接触部を含む部分の弾性率を、その接触部に隣接する部分の弾性率よりも小さくなるように設定する。

【0089】(3) 加工(研磨)時の研磨布と、被研磨材(酸化シリコン膜)との接触部における接触圧力を、有限要素法によって、(1)、(2)で入力した値をもとに、算出する。接触圧力の算出に当たっては、研磨布と被研磨材との間の相対速度を0と仮定する。算出された接触圧力は、ディスプレイなどの表示部により、必要に応じて表示することができる。

【0090】(4) 算出された接触部における接触圧力値をもとに、微小時間(Δt)における、その接触部での研磨速度を算出し、研磨速度から研磨量を算出する。研磨量は、所定の接触圧力範囲内で、接触圧力によって決定される。また、 Δt は、所望の値に設定でき、例えば1秒程度である。算出された研磨速度、研磨量は、ディスプレイなどの表示部により、必要に応じて表示することができる。

【0091】(5) 算出された各接触部での研磨量から、微小時間(Δt)後の被研磨部の形状を算出する。算出された被研磨部の形状は、ディスプレイなどの表示部により、必要に応じて表示することができる。

【0092】(6) 研磨時間 t を、 Δt 分だけ増加させる。

(7) Δt 分だけ増加された新たな時間 t と、最大研磨時間 t_{max} とを比較する。

【0093】 $t < t_{max}$ の場合(Yes)は、(3)に戻り、(3)～(7)までの工程を繰り返す。また、 $t > t_{max}$ の場合(No)は、研磨シミュレーションを終了し、その後、その結果をもとに、実際に研磨を開始する。

【0094】なお、(2)工程において、研磨布の被研磨材と接触する接触部での弾性率を、接触部に隣接する部分の弾性率よりも小さくなるように設定したが、この設定された値(比率)は、研磨シミュレーションの対象となるCMPに使用する研磨布または研磨液の種類により異なってくる。これら研磨布および研磨液の種類を所望の種類に決定することにより、研磨布の弾性率および厚みは、それぞれ所望の値に設定し直される。

【0095】上記工程(1)、(2)、(3)は、第1の工程であり、工程(4)、(5)は、第2の工程であり、工程(8)は、第3の工程である。以上述べた様な本発明の研磨方法では、高集積化を目的とし、ウェハ上に配置される配線等が微細化、例えば凹凸部の段差を100[nm]以下にするようになった場合、従来の研磨

シミュレーション方法を用いた研磨方法では、凹凸部の段差を100[nm]以下にすることができず、所望の研磨結果を得ることができなかったが、ほぼ誤差なく、凹凸部の段差を所望値、例えば100[nm]以下にすることができる。そのため、信頼性の高い研磨方法を得ることができる。

【0096】また、コスト面でも従来の方法に対して、試作品を低減することができるため、コストの大幅な低減に寄与し、経済的である。尚、本発明は上記実施例には限定されず、その主旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施できることは言うまでもない。例えば、ディスプレイなどの表示部に表示される被研磨材1は、少なくとも所定の時間ごとの研磨形状が表示されればよく、研磨される状態が常に(連続して)表示されていても構わない。

【0097】

【発明の効果】以上説明した様に本発明によれば、シミュレーションによる被研磨部の形状変化を、実測値に近い高い精度で得ることができ、信頼性を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の研磨シミュレーション方法の第1実施例を説明するモデル図

【図2】本発明の研磨シミュレーション方法の第1実施例のフローチャート

【図3】本発明の研磨シミュレーション方法の第1実施例と、従来例とを、比較したグラフ

【図4】被研磨部の凸部の拡大図

【図5】本発明の研磨シミュレーション方法の第2実施例を説明するモデル図

【図6】本発明の研磨シミュレーション方法の第3実施例を説明するモデル図

【図7】本発明の研磨方法のフローチャート

【図8】従来の研磨シミュレーション方法のフローチャート

【図9】従来の研磨シミュレーション方法における被研磨材と研磨布との接触圧力を計算するためのモデル図

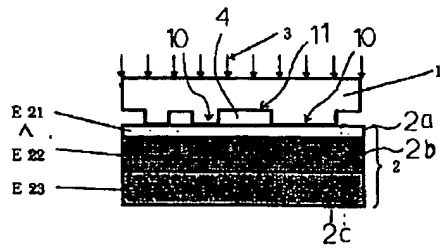
【図10】CMPにおける研磨部の様子を模式的に示した図

【図11】研磨布と被研磨材との接触部周辺の拡大図

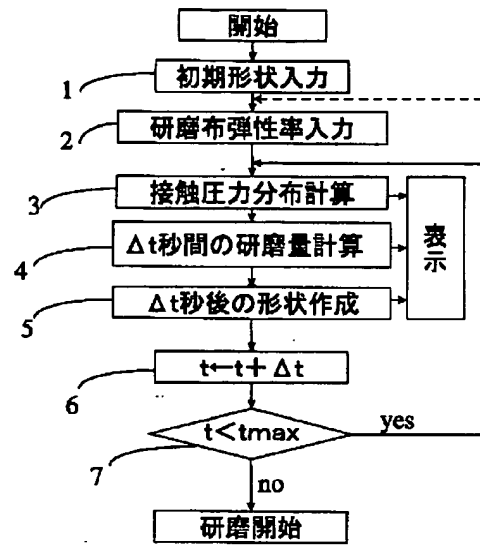
【符号の説明】

- 1 被研磨材(被研磨部)
- 2 研磨部(研磨手段)
- 2a 研磨布(研磨手段)
- 2b、2c 布(研磨手段)
- 3 平均荷重
- 4 研磨液
- 10 凸部
- 11、11a、11b 凹部

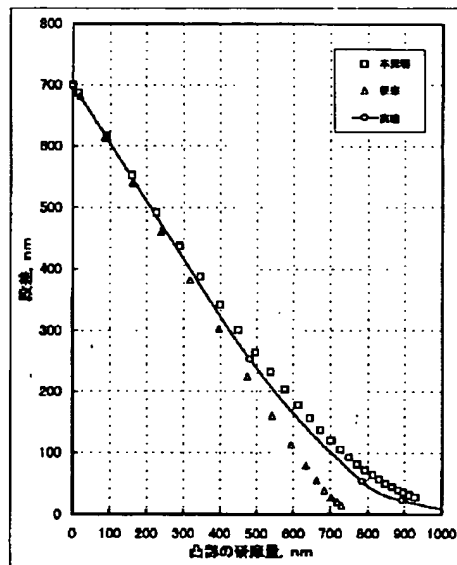
【図1】



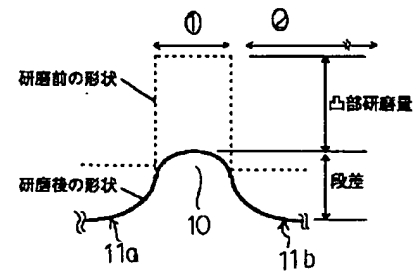
【図2】



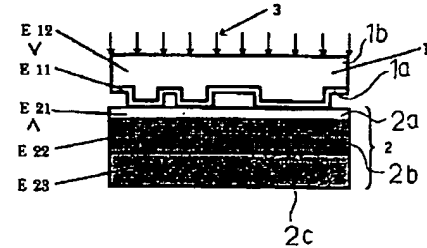
【図3】



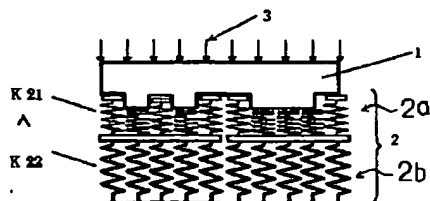
【図4】



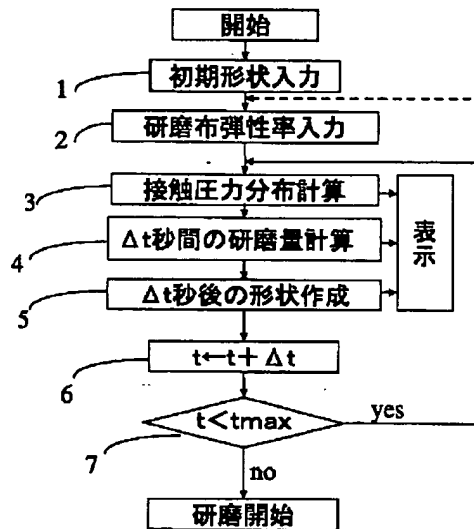
【図6】



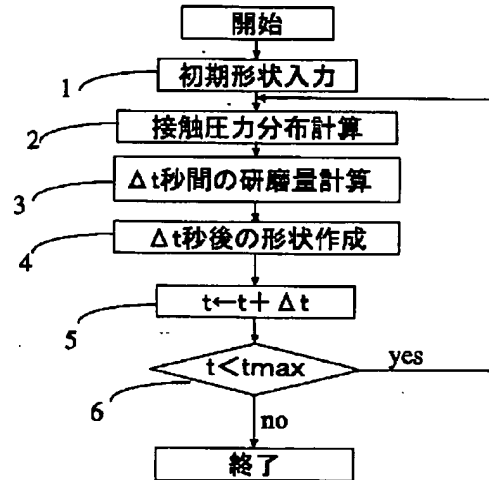
【図5】



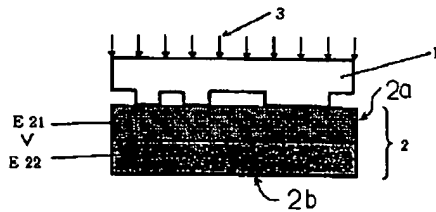
【図7】



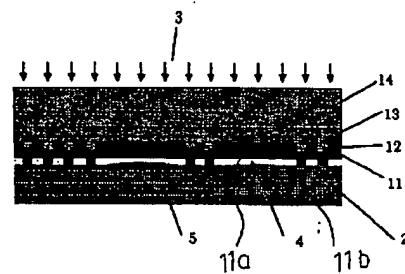
【図8】



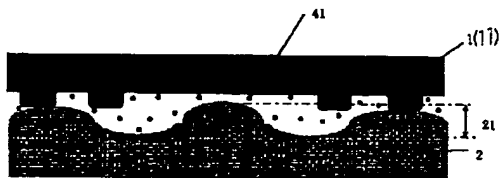
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 関根 邦夫
 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
 式会社東芝研究開発センター内